

Tagungsbeitrag zu:
Jahrestagung der DBG, AG Stadtböden
Titel der Tagung:
Böden - eine endliche Ressource
Veranstalter: DBG, September 2009, Bonn
Berichte der DBG
(nicht begutachtete online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Stadtböden - mehr als aufgeschüttetes Material? Auswirkungen von Verfügbarkeitsparametern auf die Stofffreisetzung

Makowsky¹, L., Osnabrück/D;
Meuser¹, H., Osnabrück/D;
Steinweg², B., Mönchengladbach/D

Zusammenfassung

Stadtböden aus aufgeschütteten Materialien weisen in Siedlungsbereichen oftmals eine flächendeckende Verbreitung auf. Auf Grund ihrer stofflichen Zusammensetzung (z.B. Schwermetallbelastung) hat dabei die Beurteilung des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser praktische Relevanz. Die Ermittlung der Verfügbarkeitsparameter (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotenzial) spielt diesbezüglich eine zentrale Rolle. In diesem Zusammenhang ist es das Ziel zu prüfen, ob junge, wenig durch Pedogenese beeinflusste Materialien von „gealterten“ Stadtböden abweichen.

Als methodischer Ansatz wird die Elution von Bodensäulen mit H₂O_{dem} im Labormaßstab gewählt. Diese ist gegenüber Schüttelverfahren als naturnäher einzustufen. Die Verfügbarkeitsparameter werden kontinuierlich über die Versuchslaufzeit von 24 h erfasst, um zu prüfen, ob sich diesbezüglich unter gesättigten Bedingungen konstante Werte einstellen. Bei den Varianten wird zwischen gestörter Befüllung der Bodensäulen (Material-Probe) und naturnaher, unge-

störter Befüllung (Stadtboden-Probe) unterschieden. Die untersuchten Stadtböden befinden sich im nordwestdeutschen Raum.

Tendenziell weisen Material-Proben höhere EC- und pH-Werte auf als Stadtboden-Proben. Bei Material-Proben kommen Oberflächen mit dem Elutionsmittel in Kontakt, die bei Stadtboden-Proben nicht zugänglich sind. Aus selbigem Grund stellen sich konstante EC-Werte in Material-Proben vielfach nicht ein. Des Weiteren ist die Elution von Stadtboden-Proben vorzuziehen, weil anders als bei Material-Proben die pedogen entwickelten Eigenschaften (z.B. Aggregation oder Verwitterung) erhalten bleiben. Dies gilt insbesondere bei schluffig-toniger Textur (z.B. Schlämme) oder wenn anaerobe Horizonte zu untersuchen sind.

Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen, dass Stadtböden mehr sind als aufgeschüttetes Material. Die Beurteilung des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser, z.B. hinsichtlich des Schwermetallaustrags, sollte nach Möglichkeit anders als bislang üblich an naturnahen, ungestört entnommenen Stadtboden-Proben erfolgen. Hierbei ist die Einstellung konstanter Werte der Verfügbarkeitsparameter anzustreben, da nur unter diesen Voraussetzungen aus verschiedenartigen Materialien bestehende Stadtböden fachlich sinnvoll miteinander zu vergleichen sind.

Schlüsselworte: Stadtböden, Material, Verfügbarkeitsparameter, Wirkungspfad Boden-Grundwasser, Schwermetall-Mobilität

Einleitung

Technogene Substrate in Stadtböden können das Ergebnis gezielter anthropogener Materialaufbringung oder unregelmäßigen Eintrags sein, wie das Beispiel der Stadt Mönchengladbach in Nordrhein-Westfalen zeigt. Größere Anteile des Siedlungsbereiches sind durch Stadtböden geprägt. Diese enthalten beispielsweise Trümmerschuttreste, liegen auf Altlastenverdachtsflächen, bestehen aus Deck-/Tragschichten von Kinderspiel- und Bolzplätzen sowie Oberflächen alter Wege und Plätze (Abb. 1). Das Beispiel

¹ Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur, Oldenburger Landstrasse 24, D-49090 Osnabrück (l.makowsky@fh-osnabrueck.de; h.meuser@fh-osnabrueck.de)

² Stadt Mönchengladbach, Fachbereich Umweltschutz und Entsorgung, Abteilung Bodenschutz, Rathaus Rheydt, D-41236 Mönchengladbach (Bernd.Steinweg@moenchengladbach.de)

der Stadt Mönchengladbach verdeutlicht insofern, dass Stadtböden insbesondere in urbanen Räumen eine flächendeckende Verbreitung aufweisen (Utermann et al. 2003).

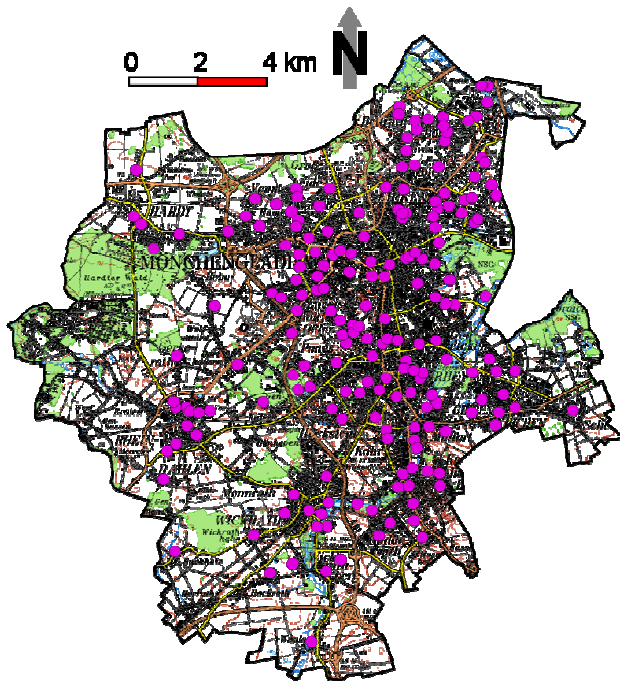


Abb. 1: Verbreitung von Material in Stadtböden der Stadt Mönchengladbach

(Erläuterungen: Die Punktmarkierung bezieht sich auf Standorte von Material in Stadtböden aus *Deck-/Tragschichten* von Kinderspiel-/Bolzplätzen, *Oberflächen* alter Wege und Plätze oder *Altlastenverdachtsflächen*; *Trümmerschutt* ist in großen Teilen des besiedelten Gebietes verbreitet.)

Folglich stellt sich in der bodenkundlichen Praxis bei der Gefährdungsabschätzung regelmäßig die Frage nach der Gefährdung der Schutzgüter, denn Stadtböden stehen häufig im Verdacht mit Schadstoffen (z.B. Schwermetallen) belastet zu sein. Einen zentralen Aspekt stellt die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser dar. Hierbei ist die Untersuchung der aktuellen Verfügbarkeit der enthaltenen Schadstoffe von wesentlicher Bedeutung (van der Sloot et al. 1996). In der Regel basieren die Ergebnisse bislang auf Methoden, die gestört entnommenes Bodenmaterial verwenden (ErsatzbaustoffV 2007, BBodSchV 1999, LAGA 1997).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu prüfen,

- ob die Verfügbarkeitsparameter elektrische Leitfähigkeit (EC), pH-Wert und Redoxpotenzial gestört entnommener Material-Proben von ungestört entnommenen Stadtboden-Proben abweichen und
- welche Bedeutung dies bei Stadtböden für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser hat.

Material & Methoden

Als Methodik wird die Elution von Bodensäulen (550 cm³) über 24 h mit H₂O_{dem} im Labormaßstab gewählt (Makowsky 2009). Simultan werden unter gesättigten Bedingungen die Messreihen der Verfügbarkeitsparameter (VP) erfasst, um zu prüfen, ob sich konstante Werte über die Versuchslaufzeit einstellen. Nur unter dieser Voraussetzung ist ein Vergleich verschiedenartiger Versuchsvarianten fachlich sinnvoll (IAWG 1997). Untersucht werden diagnostische Horizonte von sechs durch die Hauptkomponentengruppen Asche, Bergematerial, Müll oder Schlamm geprägte Standorte aus unterschiedlichen Regionen (Makowsky 2009, Meuser 2002). Aus diesen wird Material für die gestörte Befüllung der Bodensäulen (*Material-Proben*) entnommen. Die Entnahme als ungestörte Bodensäule erfolgt nach dem Prinzip der Stechzylinderbeprobung (*Stadtboden-Proben*).

Die Stadtböden sind typologisch als Pararendzina, Regosol oder Reduktosol zu bezeichnen. Drei weitere Referenz-*Material-Proben* ohne Standortbezug aus Bauschutt und MV-Asche werden untersucht.

Ergebnisse & Diskussion

Die Messreihen der EC-Wertdynamik zeigen, dass *Stadtboden-Proben* ein konstantes Niveau erreichen, was für *Material-Proben* nur eingeschränkt zutrifft (Makowsky et al. 2007). Die Pedogenese wird bei den *Material-Proben* durch die gestörte Probenahme unterbrochen. Dies hat die Entstehung frischer Oberflächen zur Folge, so dass Lösungsprozesse mehrstufig ablaufen (BayLfU 2005). Hieraus erklärt sich, dass insbesondere die Referenz-*Material-Proben* aus Bauschutt und MV-Asche die höchsten EC-Werte aufweisen (Tab. 1).

Tab. 1: EC-Werte der in Bodensäulen unter konstanten Bedingungen eluierten Material- und Stadtboden-Proben

Material bzw. Stadtboden	EC-Wert ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	Material	Stadtboden
Bauschutt (frisch)	10100	k.A.
Bauschutt (2a)	2250	k.A.
MV-Asche (frisch)	7600	k.A.
Asche	(490)	430
Müll (aerob)	3500	3600
Müll (anaerob)	3700	n.a.
Schlamm (aerob)	n.d.	1500
Schlamm (anaerob)	n.d.	1200
Asche-Bergematerial	310	440
Schlamm	n.d.	890
Bergematerial	n.d.	90

() = EC-Wert nicht konstant; n.d. = nicht durchführbar; k.A. = keine Angaben; n.a. = nicht analysiert

Die Einordnung der Proben in das Eh-pH-Stabilitätsdiagramm nach Baas Becking et al. (1960) verdeutlicht, dass die Referenz-Material-Proben außerhalb, die Stadtboden-Proben dagegen innerhalb des in natürlichen Systemen unter Gleichgewichtsbedingungen anzutreffenden Bereiches einzuordnen sind (Abb. 2). Das geht auf die in den Stadtböden bereits wirkende Pedogenese zurück (z.B. abgeschlossene Entsalzung oder Versauerung).

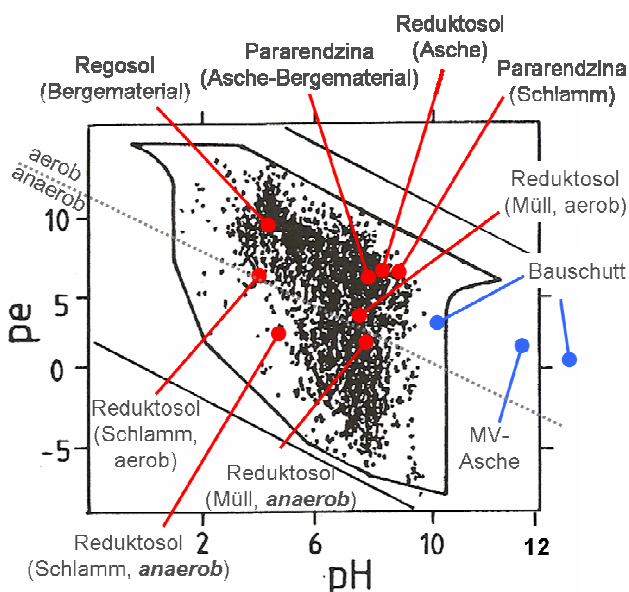
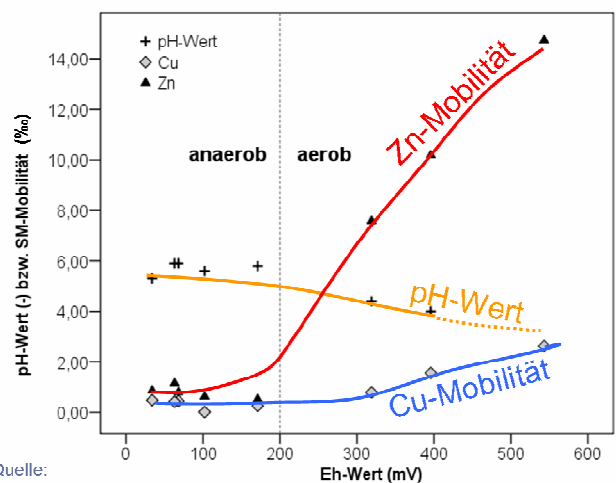


Abb. 2: Einordnung der Material- und Stadtboden-Proben in das Eh-pH-Stabilitätsdiagramm nach Baas Becking et al. (1960)

Am Beispiel von tonig-schluffigem Baggerschlamm sind die Wechselwirkungen von

Eh- und pH-Wert erkennbar (Abb. 3): Steigende Eh-Werte rufen fallende pH-Werte und steigende Stofffreisetzung hervor. In Abbildung 3 ist dies für Cu und Zn dargestellt. Methodische Voraussetzung ist die Elution von ungestörten Bodensäulen. Aus Gründen der Durchführbarkeit der Elution gilt generell, dass möglichst keine gestörte Befüllung vorgenommen werden sollte. Als ungünstigste Methodik bezüglich der Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser ist allerdings die Anwendung der naturfernen Elution mittels Schüttelverfahren einzustufen.



Quelle:
Makowsky (2009)

Abb. 3: Effekte von Eh- und pH-Wert auf die Mobilität von Cu und Zn bei Baggerschlamm

Fazit

Auf Grund der Ausprägung pedogener Merkmale wie Aggregation oder Verwitterung ist festzuhalten, dass Stadtböden mehr sind als aufgeschüttetes Material. Folglich sollte die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser, z.B. hinsichtlich des Schwermetallaustrags, anders als bislang üblich an naturnahen, ungestört entnommenen Stadtboden-Proben nach Einstellung konstanter Werte der Verfügbarkeitsparameter erfolgen. Stehen Materialuntersuchungen im Vordergrund sind nach wie vor die in der LAGA (1997), LAGA (2004) oder ErsatzbaustoffV (2007) genannten Methoden zu verwenden.

Quellenverzeichnis

Baas Becking, L.G.M., Kaplan, I.R. & Moore, D. (1960): Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-reduction potentials.- J. Geol., 68, 243-284 (cited in: Bourg, A.C.M. & Loch, J.P.G. [1995])

BayLfU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz) (2005): Methodenentwicklung von Säulenversuchen zur Untersuchung und Bewertung der Sickerwasserbeschaffenheit von Altlastenverdachtsflächen.- Abschlussbericht, Auftraggeber: Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV), Wielenbach

BBodSchV (Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung) (1999).- Vom 12. Juli 1999 (BGBl. I, S. 1554), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758) <<http://www.bmu.de/bodenschutz/download/s/doc/6640.php>> (Zugriff: 2009-01-18)

ErsatzbaustoffV (2007): Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (German federal decree for the use of mineralic recycling materials).- Arbeitsentwurf der Bundesregierung, Stand 13.11.2007

IAWG (International Ash Working Group) (1997): Municipal solid waste incinerator residues.- Studies in environmental science 67, Elsevier, Amsterdam

LAGA (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall) (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Teil I: Allgemeiner Teil, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden).- LAGA - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Erklärung der Mehrheit der Bundesländer zur Veröffentlichung und Übernahme in den Vollzug, keine Veröffentlichung als Mitteilung der LAGA

LAGA (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall) (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln, Allgemeiner Teil der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).- in: Rosenkranz, D., Einsele, G., Harres, H.M. & Bachmann, G. (Hrsg.): Bodenschutz; Loseblattsammlung, Lfg. IV/05, Endfassung vom 06.11.2003, erarbeitet von der Bund-/Länder-AG der LAGA „Vereinheitlichung der Untersuchung und Bewertung von mineralischen Abfällen“, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Makowsky, L. (2009): Bewertung der Schwermetall-Mobilität von Stadtböden aus technogenen Substraten bei Elution von Bodensäulen im Dynamischen Batchtest.- Dissertation, Universität Osnabrück, Shaker-Verlag, Aachen

Makowsky, L., Meuser, H. & Tapernon, S. (2007): Anwendbarkeit von Verfahren zur Elution von Bodensäulen bei Boden aus technogenen Substraten.- Mittlg. Dt. Bodenkundl. Ges., 110 (1), 511-512

Meuser, H. (2002): Anthropogene Gesteine.- in: Blume, H.P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W.R., Frede, H.G., Horn, R. & Stahr, K. (1996 ff.): Handbuch der Bodenkunde, Loseblatt-Ausgabe, 14. Erg.-Lfg. 12/2002, Kapitel 2.1.2.6, ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech

Utermann, J., Raber, B., Düwel, O., Möller, A. & Siebner, C.S. (2003): Überprüfung und Fortschreibung der Vorsorgewerte für Boden nach BBodSchV - Teilvorhaben 1: Ableitung flächenrepräsentativer Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Unterboden und Untergrund.- Endbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Bodenschutz - Forschungsvorhaben 201 71 242, Endbericht, Berlin

van der Sloot, H.A., Comans, R.N.J. & Hjelmar, O. (1996): Similarities in the leaching behaviour of trace contaminants from waste, stabilized waste, construction materials and soils.- Sci. Total Environ., 178, 111-126